



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Impactos bióticos de las infraestructuras hidroeléctricas. El caso del Nansa (Cantabria)

Autor: Virginia Carracedo Martín

Institución: Universidad de Cantabria

e-mail: virginia.carracedo@geografos.org

Otros Autores: Juan Carlos García Codron (Universidad de Cantabria / E.T.S. Ingenieros Caminos Canales y Puertos Dpto. Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio)

RESUMEN

El Nansa es uno de los ríos más intervenidos de España. En poco más de 40 km soporta cuatro embalses, otras tantas centrales hidroeléctricas y una extensa red de canales que dejan el cauce prácticamente seco durante la mayor parte del año.

Estas infraestructuras han fragmentado el corredor fluvial introduciendo barreras infranqueables para muchas especies. El grupo más afectado es el de los peces diádromos como *Salmo salar*, *S. trutta*, *Anguilla anguilla* o *Petromyzon marinus* que no pueden superar la presa de Palombera, la más próxima al mar.

Los embalses y tramos privados de agua refuerzan el efecto barrera de las presas y generan ecosistemas lénticos a costa de los lóticos preexistentes reduciendo la superficie de los hábitats y de las áreas de freza de las especies más exigentes.

Al tiempo, la modificación del régimen y de la hidrodinámica fluvial ha producido cambios relevantes en la morfología del cauce y de sus orillas. Las áreas de erosión y acumulación han cambiado, el lecho permanente se ha estrechado en la mayor parte de su recorrido mientras que el de inundación -desaparecidas las grandes crecidas- ha sido fácilmente colonizado por la vegetación. Gracias a ello, el bosque de ribera ha experimentado un sorprendente desarrollo tras la construcción de los embalses hasta el punto de constituir hoy uno de los mejores ejemplos de Cantabria.

Los embalses interrumpen una y otra vez la continuidad del corredor fluvial que pierde calidad alrededor de cada uno de ellos, sin embargo la va recuperando aguas abajo a medida que los efectos directos de las presas se van atenuando y el río va recobrando caudal. De este modo, aguas abajo de cada presa se suceden cuatro tipos de ambientes bien diferenciados por sus características geomorfológicas y biogeográficas: Pie de presa (zona de sobreexcavación); zona de acumulación y encajamiento; zona de máxima influencia con estrechamiento del cauce y zona de influencia atenuada.

En este momento, en el que se inician importantes acciones para la recuperación del corredor del Nansa (que ha sido designado LIC) no podemos permitirnos olvidar que algunos de sus mejores valores actuales son consecuencia de las mismas actuaciones que han causado la desaparición de otros y que la gestión de este espacio debe pasar por comprender y tener en cuenta cuál ha sido su evolución y como será en un futuro.

Palabras Clave: Efectos de los embalses, corredor fluvial, bosque de ribera, salmón, Nansa, Cantabria

1. Introducción. El río Nansa

a. Características y particularidades de la cuenca

La cuenca del Nansa se sitúa en el occidente de Cantabria. Su superficie es de tan solo 430 km² aunque en su cabecera está circundada por vigorosos relieves que superan 2000 metros de altitud. Debido a ello el río, que desemboca rápidamente en el mar, presente una fuerte pendiente y los rasgos propios de un curso de montaña hasta muy cerca de su desembocadura (figura 1). El valle, en consecuencia, está muy encajado y no existen verdaderas llanuras aluviales hasta su tramo inferior. No obstante, atendiendo a criterios hidromorfológicos, biogeográficos y humanos, presenta tres sectores bien definidos:

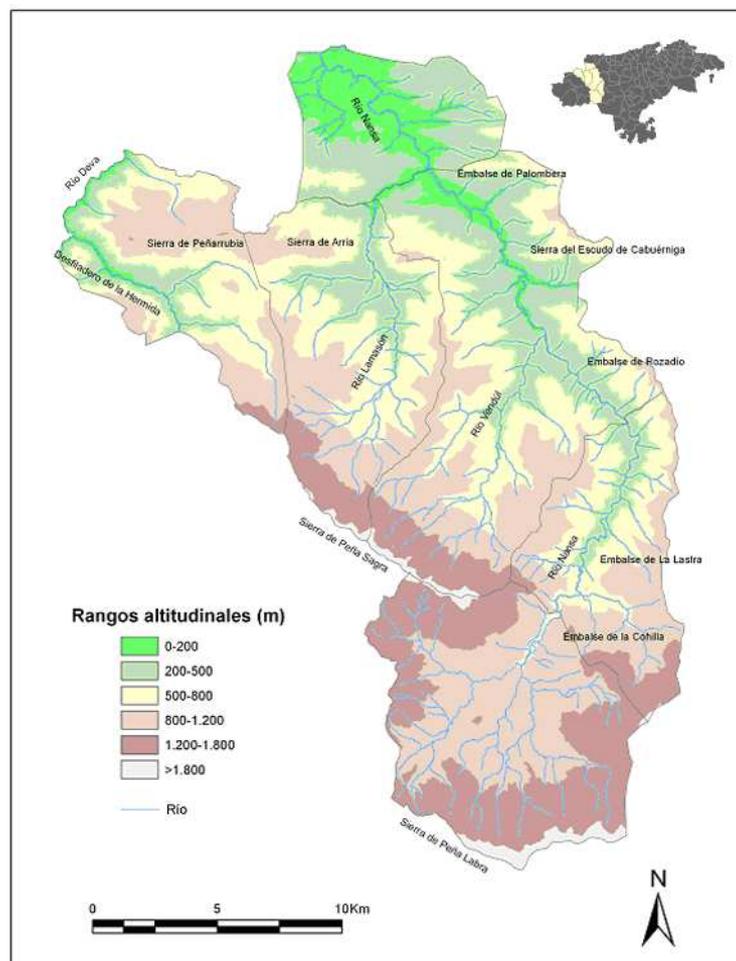


Figura 1. Cuenca del Nansa

1. Cuenca Alta._Corresponde a la zona de cabecera e incluye todo el Valle de Polaciones, el embalse de La Cohilla y el estrecho de Bejo. Está rodeada por relieves de gran altura que dan lugar a desniveles relativos superiores a 1600 metros en distancias muy cortas. Los cursos de agua son semipermanentes y sus cauces, ocupados por grandes bloques, están parcialmente colonizados por vegetación riparia e higrófila. Las aguas son

ligeramente ácidas y poco mineralizadas como corresponde a un área fría de sustrato silíceo.

El último tramo es el situado aguas abajo de la presa de la Cohilla y coincide con el estrecho de Bejo, profunda hoz excavada a través de los conglomerados silíceos de Peña Sagra. El cauce permanece normalmente seco a consecuencia de las detracciones realizadas en la presa y está ocupado por grandes bloques o directamente excavado en la roca. En este sector, las fuertes pendientes y el carácter rocoso de las márgenes dificultan la existencia de un verdadero bosque de ribera si bien los emplazamientos más favorables permiten la existencia de varias especies de árboles de carácter más o menos higrófilo.

2. Cuenca Media. Es el sector comprendido entre los embalses de La Lastra, localizado a la salida del estrecho de Bejo, y el de Palombera, unos 20 km aguas abajo. A lo largo de él el valle tiene un perfil en V muy marcado aunque el modelado diferencial sobre los distintos tipos de sustrato y la confluencia de los principales afluentes, Vendul, Quivierda y Lamasón, originan ensanchamientos que hacen posible la existencia de algunas exiguas vegas fluviales. En general, el lecho está ocupado por depósitos gruesos (bloques y cantos) si bien en los lugares más favorables aparecen también fracciones más finas. Las aguas se van enriqueciendo en bases y existe un bosque de ribera prácticamente ininterrumpido a lo largo de todo el tramo.

3. Cuenca Baja. Aguas abajo de la presa de Palombera el valle es más abierto y el río ha originado llanuras aluviales de diversa entidad. La velocidad del agua se reduce, existen abundantes remansos así como algunas islas, y las fracciones granulométricas son más pequeñas abarcando desde los cantos hasta los limos. Estos factores, unidos a la mayor benignidad climática, favorecen un incremento de la biomasa y de la biodiversidad propiciando la existencia de bosques de ribera maduros de gran interés para la conservación.

El régimen del Nansa es pluvionival oceánico. Se caracteriza por presentar un máximo absoluto invernal y otro secundario entre abril y mayo asociado a la fusión de la nieve. Su caudal medio anual en la desembocadura es de $11,3\text{m}^3/\text{s}$ y sus aguas presentan, en general, un nivel de calidad bueno o muy bueno aunque no todos los vertidos se depuran y existen problemas puntuales de contaminación difusa asociada a las actividades agrarias.

b. Problemática asociada a las infraestructuras hidroeléctricas

El río Nansa (Cantabria) suele considerarse como uno de los más alterados de España y para muchos habitantes de su cuenca ha adquirido un papel simbólico de “río mártir” cuyo libre uso y disfrute habrían sido usurpados a la población en nombre de un modelo de progreso que hoy resulta absolutamente inaceptable (Osa Marina, 1999; AEMS, 2001).

La explicación de esta imagen se debe a que en poco más de 40 km (sobre los 56 que totaliza el río) la empresa “Saltos del Nansa”-hoy integrada en el Grupo Acciona- fue constituida en 1942 con el objeto de explotar un sistema que incluye cinco presas y cuatro centrales hidroeléctricas alimentadas por una extensa red de canales que desvía la mayor parte del caudal del río y de una veintena de sus arroyos afluentes (figura 2).

Desde la puesta en servicio de las presas y los canales de derivación asociados (años 1950-1953) el régimen del Nansa se encuentra absolutamente alterado por el aprovechamiento hidroeléctrico lo que, en la práctica, se traduce en una fuerte pérdida de caudal y en un desplazamiento estacional de los periodos de aguas altas y bajas con la casi total desaparición de las crecidas naturales, drásticamente laminadas por los embalses y detracciones, y que han sido sustituidas por las pequeñas avenidas que causan los desembalses.

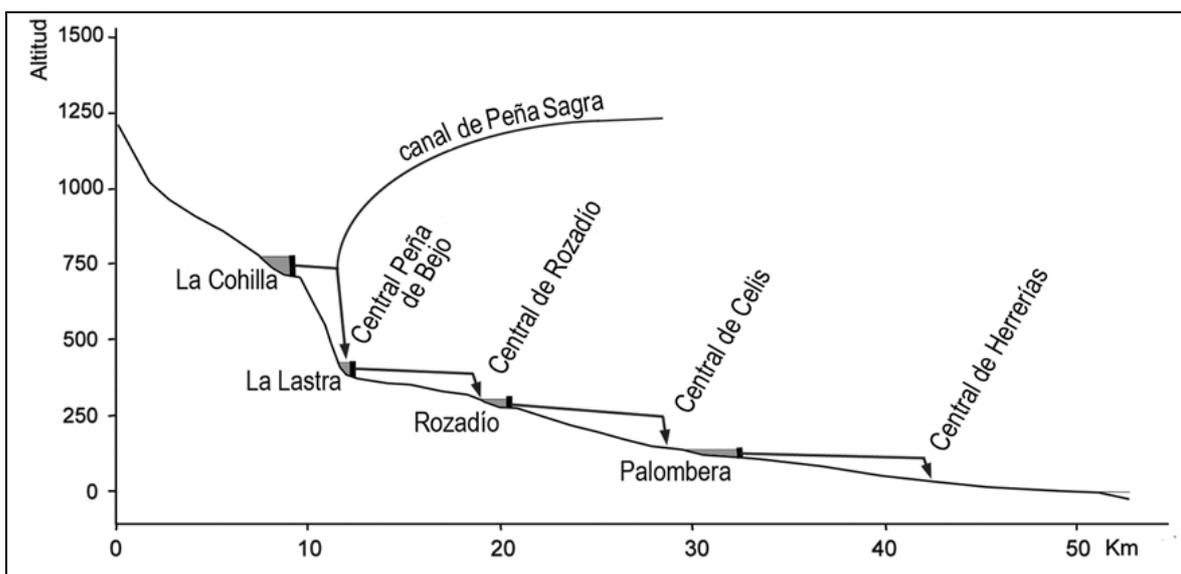


Figura 2. Perfil longitudinal del Nansa con la localización de las presas y centrales hidroeléctricas

Los canales se han construido a altitudes comprendidas entre 1000 y 800 metros recorriendo los montes de cabecera lo que les permite capturar el agua de los arroyos prácticamente desde su nacimiento (figura 3). En el colector principal, el Nansa, la reducción del caudal es máxima al pie de cada una de las presas dado que desde ellas la mayor parte del agua se deriva a las conducciones con las que se alimentan las centrales. Sin embargo río abajo, a medida que aumenta la distancia a cada una de estas infraestructuras, el caudal se va recuperando gracias a los aportes de los arroyos y el efecto de las detracciones se atenúa progresivamente.

No hay datos que permitan comparar los caudales circulantes en la actualidad con los naturales teóricos y, por tanto, no es posible conocer con precisión el valor de las detracciones. No obstante, es revelador el hecho de que la capacidad de los canales de derivación que nacen en el Azud de Celis (Rozadío) y en la presa de Palombera sea respectivamente de 7,5 y 15 m³/s cuando los caudales medios “naturales” calculados para esos mismos lugares son 4,26 y 9,04 m³/s (V.V.A.A., 2005). Ver figura 4.

La creación de estas infraestructuras ha supuesto la ruptura de la continuidad del corredor y sus afluentes haciendo que algunas de estas obras resulten infranqueables para determinadas especies. A ello se añade el mantenimiento de un modelo de gestión del agua muy agresivo (captaciones abusivas, incumplimiento del caudal ecológico...) que

agrava la situación y genera importantes impactos ambientales así como continuos conflictos con la población.



Figura 3. El agua de los arroyos que descenden de Peña Sagra es captada y desviada hacia los canales que alimentan las centrales eléctricas. En la imagen, desvío del agua del Bco. de la Yunca en Joyoprao (Rionansa).

Sin embargo, paradójicamente, el corredor fluvial del Nansa es hoy uno de los de mayor calidad ambiental de la región y se considera como uno de los más importantes para la conservación al contener un excelente bosque de ribera que incluye o se prolonga a través de varios hábitats prioritarios (alisedas, brezales de *Erica ciliaris* y *Erica tetralix*, prados secos semi-naturales...) y por albergar, o haberlo hecho hasta época reciente, numerosas especies catalogadas de flora y fauna tales como salmón (*Salmo salar*), lamprea (*Petromyzon marinus*), nutria (*Lutra lutra*), desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*), cangrejo de río (*Austropotamobius pallipes*) o el Longicornio alpino (*Rosalia alpina*) entre otras. Estas circunstancias han justificado la inclusión del corredor en la Red Natura 2000 como "LIC del Río Nansa" sumándose a los demás espacios naturales protegidos existentes tanto en las áreas de montaña como en el litoral de esta misma comarca (Lucio y Espinosa, 2003).

Por otra parte, y desde el punto de vista socioeconómico, el valle del Nansa es una de las áreas más deprimidas de Cantabria lo que ha motivado un ambicioso programa de desarrollo rural patrocinado por la Fundación Marcelino Botín basado en la puesta en valor del patrimonio y de los recursos locales de la cuenca. Dada la importancia de los papeles identitario, vertebrador y patrimonial que desempeña el río, una de las líneas de acción que han sido definidas como prioritarias es la recuperación del corredor fluvial, objetivo compartido por el Gobierno Regional de Cantabria, ayuntamientos y diversos colectivos ciudadanos y en torno al que se está iniciando una nueva fase de actuaciones

concretas que, necesariamente, pasan por la concertación entre los todos los actores implicados.



Figura 4. Presa de La Lastra: desproporción entre el agua derivada hacia el canal (primer plano) y la que se “deja” al río en condiciones normales de explotación.

En este contexto en junio de 2010 la empresa Acciona y la Confederación Hidrográfica del Cantábrico suscribieron e hicieron público un acuerdo para la “adecuación ambiental y desarrollo sostenible” de la cuenca del Nansa en el que la primera se compromete a dejar fluir los caudales ecológicos y a construir y mantener escalas de peces en la presa de Palombera y azudes de Celis y Vendul además de estudiar la viabilidad de su implantación en las presas de La Lastra y La Cohilla.

Es evidente que las actuaciones o propuestas que se deriven de esta situación deben tener como objetivos la conservación (en su caso, restauración) y la puesta en valor del patrimonio local. Sin embargo, tal como suele ocurrir en áreas muy antropizadas, muchos de los elementos actuales de dicho patrimonio guardan una estrecha relación con esos mismos factores de impacto que se intenta minimizar, o, incluso, son consecuencia de ellos, por lo que la adopción de cualquier tipo de medida tendente a recuperar un supuesto “estado anterior” debe sopesarse cuidadosamente.

La necesidad de contar con buena información sobre dinámica reciente del entorno fluvial del Nansa y de los efectos ambientales, aparentemente contradictorios, de su gestión, son las razones que han justificado la realización del presente estudio (V.V.A.A., 2008).

2. Objetivos y metodología

El presente trabajo persigue detectar y valorar las consecuencias biogeográficas de la utilización hidroeléctrica del Nansa estableciendo la relación existente entre la situación

de las especies, formaciones o valores naturales más significativos del corredor fluvial con el manejo que está sufriendo el río desde la implantación de las infraestructuras hidroeléctricas.

El punto de partida de esta indagación fue un exhaustivo trabajo realizado en el marco del proyecto Patrimonio y Territorio para la Fundación Marcelino Botín (V.V.A.A., 2010) en el que se analizó en detalle la problemática ambiental del Valle del Nansa. La información obtenida para el mismo permitió realizar un pormenorizado reconocimiento del corredor fluvial y bosquejar una primera propuesta de zonificación del bosque de ribera (Carracedo y G.Codron, 2009). El trabajo de campo realizado con posterioridad ha permitido reforzar los datos iniciales sobre la distribución de las especies vegetales y los macroinvertebrados acuáticos que, a su vez, han posibilitado establecer índices de calidad mediante muestreos sistemáticos en puntos seleccionados por su carácter representativo.

La calidad del bosque de ribera se ha estimado en el tramo comprendido entre la presa de La Lastra y el límite del término de Herrerías mediante el índice QBR (Munné y otros, 1998; Agència Catalana de l'Aigua, 2006), que facilita las comparaciones por haber sido utilizado en el conjunto de los ríos de la región (V.V.A.A., 2005). El sector previo, comprendido entre las presas de La Cohilla y de La Lastra, no ha sido incluido por su difícil acceso y menor interés al coincidir con un largo desfiladero rocoso prácticamente desprovisto de vegetación.

En el caso de los macroinvertebrados, se han realizado inventarios de acuerdo con el protocolo propuesto por el Centro de Información Medio Ambiental dependiente de la Consejería de Medio Ambiente de Cantabria para su aplicación en el Proyecto Ríos, dedicado al seguimiento del estado de salud de los ríos de la región (información en <http://www.proyectorioscantabria.com/site/>).

3. Resultados: consecuencias de la explotación hidroeléctrica en el Nansa

a. Fragmentación del corredor fluvial

El efecto más obvio de la implantación de los embalses es la fragmentación del corredor fluvial ya que las presas y azudes constituyen barreras que algunas especies son incapaces de franquear por sus propios medios (figura 5).

El grupo más severamente afectado por estos obstáculos es el de la ictiofauna y, en especial, el de los peces diadromos, que se desplazan entre el mar y los ríos, como el salmón, el reo, la anguila o la lamprea (*Salmo salar*, *S. trutta*, *Anguilla anguilla*, *Petromyzon marinus* respectivamente) y potamodromos (*S. trutta*) que migran a través del río en alguna de las etapas de su ciclo vital y cuyos efectivos suelen verse muy afectados por la creación de obstáculos y por la alteración de sus hábitats (García de Jalón y otros, 1992; Almodovar y Nicola, 1999). Los tres primeros abundaron en todo el curso bajo y medio del Nansa y fueron objeto de un intenso aprovechamiento económico y deportivo: en el siglo XIX la trucha existía en toda la cuenca, incluso en los arroyos de cabecera, la anguila remontaba el río hasta Tudanca (pueblo situado en el tramo superior de la cuenca media) y el salmón se capturaba hasta la altura de Cosío –núcleo localizado en el tramo medio de la cuenca media- (Madoz, 1984), distribución aproximada que, de acuerdo con numerosos testimonios, debió mantenerse hasta el momento de la construcción de las presas, en los años centrales del siglo pasado.



Figura 5. Las presas rompen la continuidad del corredor fluvial ya que constituyen obstáculos que numerosas especies son incapaces de superar. Presa de la Cohilla.

En la actualidad aguas arriba de la presa más próxima al mar, la de Palombera, todas estas especies han desaparecido o lo han hecho sus poblaciones naturales. La causa de esta desaparición está clara ya que, aunque en su momento se construyó una escala para permitir a los salmones superar esta primera presa, el esfuerzo resultó inútil debido a su mal diseño y su entrada fue cerrada. Tras ese primer intento fallido -que no se intentó corregir- quedó inutilizada (figura 6) a pesar de la continua presión ejercida por la opinión pública e instituciones regionales (AEMS, 2001; Serdio y otros, 2002) y ha habido que esperar hasta la reciente firma del acuerdo entre Acciona y la Confederación Hidrográfica, del que se da cuenta más arriba, para vislumbrar la posibilidad de que la situación mejore después de seis décadas.

Otro grupo muy perjudicado por el efecto barrera de las presas es el de los mamíferos acuáticos tales como la nutria (*Lutra lutra*), presente en toda la cuenca, y el desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*) en algunos de sus sectores más altos. La información disponible sobre la distribución de estas especies es muy deficiente aunque todo parece indicar que la primera de ellas existe hoy a lo largo de todo el río tras un periodo de presencia dudosa en gran parte del mismo (García Codron, 1998).

No se han documentado consecuencias del efecto barrera de los embalses en otros grupos biológicos (cangrejo, moluscos, pequeños anfibios...) aunque, de acuerdo con la información disponible sobre otros ríos de todo el mundo, podría ser significativo en algunos casos (Reynolds, 1998).

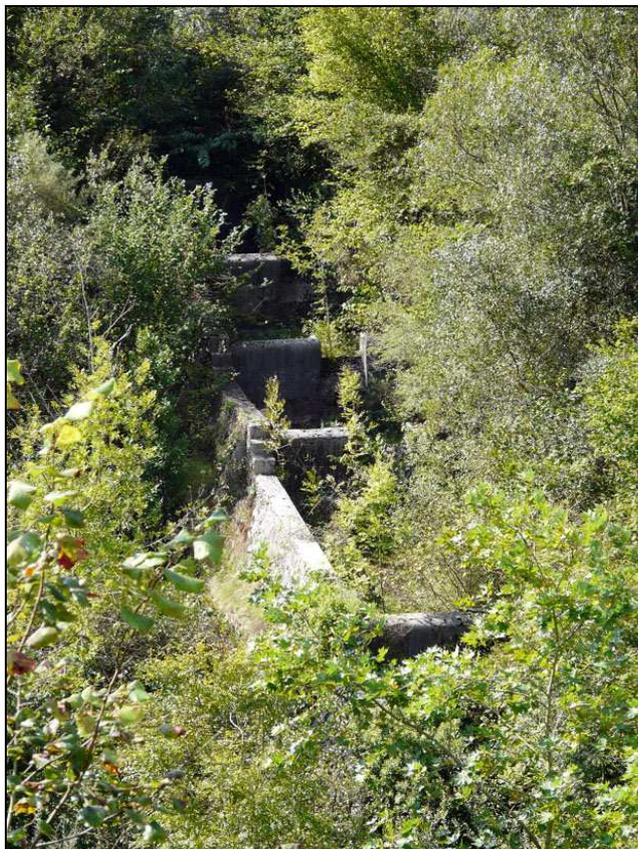


Figura 6. Escala de salmones abandonada y colonizada por vegetación en la presa de Palombera.

b. Pérdida de caudal:

La captura del agua de los arroyos y las extracciones destinadas a alimentar los canales que se realizan en los embalses han causado una drástica reducción del caudal en el cauce principal del Nansa. No se dispone de cifras que permitan cuantificar el porcentaje de agua detrída en cada tramo del valle pero es fácil observar *in situ* que el mayor impacto se produce en el primer kilómetro aguas abajo de cada presa y que es más acusado al pie de las situadas en la cabecera, donde el río es más pequeño e irregular, que junto a las que se encuentran más cerca de la desembocadura, donde basta un pequeño porcentaje del caudal para mantener parte del lecho inundado. Así, la “regulación” practicada en la presa de La Cohilla y la captación del agua de los arroyos hacen que el cauce permanezca prácticamente seco durante la mayor parte del tiempo a lo largo de todo el estrecho de Bejo y hasta el embalse de La Lastra (figura 7). Superada esta segunda presa es habitual que el Nansa quede reducido a un pequeño regato hasta pasado el núcleo de Tudanca -unos 500 m aguas abajo- aunque, en las temporadas más secas, no es raro que el río apenas lleve agua a lo largo de la mayor parte de su curso medio. A partir de aquí y hasta la costa, la existencia de múltiples arroyos laterales que aportan agua al curso principal enmascara en gran medida la reducción del caudal sufrida por las detracciones y producen una falsa apariencia de normalidad en el río.

La aparición de los embalses y de extensos tramos frecuentemente privados de agua contribuye a reforzar el efecto barrera de las presas generando ecosistemas lénticos a

costa de los lótics preexistentes y reduciendo la superficie de los hábitats y de las áreas de freza de las especies acuáticas más exigentes.

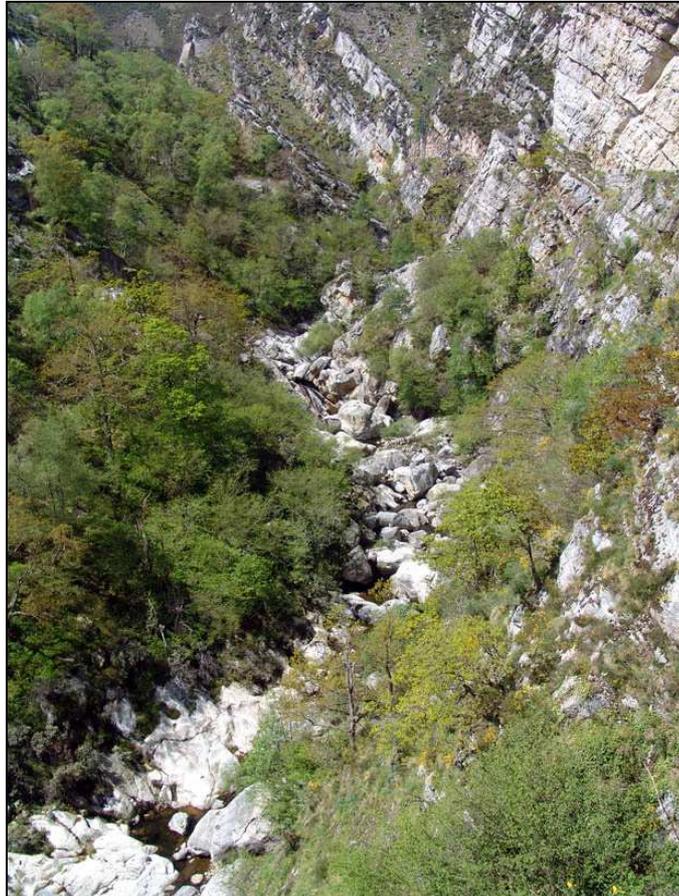


Figura 7. A su paso por el estrecho de Bejo el Nansa permanece seco durante la mayor parte del tiempo como consecuencia del desvío de agua practicado en la Cohilla.

Por otra parte, la retención de sedimentos y materia orgánica en los embalses y la fuerte disminución del caudal afectan a las características físico-químicas del agua propiciando alteraciones que pueden ser relevantes para los organismos que dependen de ella. Aunque la calidad de las aguas del Nansa es en general aceptable en todo su recorrido y los embalses tienen carácter mesotrófico, se han detectado modificaciones significativas en parámetros como el pH, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos en suspensión y carga de nutrientes imputables al efecto de los embalses o a la disminución de los caudales y pérdida consiguiente de capacidad de autodepuración (V.V.A.A., 2005; V.V.A.A., 2010). No se han estudiado en el Nansa las posibles repercusiones biogeográficas de los hechos anteriores, pero es probable que resulten importantes tanto para la fauna como para la vegetación acuática y riparia a juzgar por lo conocido en otros ríos de España y del resto del mundo, (Camargo y García de Jalón, 1990; Hart y Finelli, 1999; Angilletta y otros, 2009).

c. Alteración del régimen y de la morfología del lecho fluvial

Pese a todo lo anterior, los impactos más aparentes de la utilización hidroeléctrica del río en el medio biótico revisten mayor complejidad y son consecuencia indirecta de la modificación del régimen, y con él, de la morfología del lecho fluvial. Los embalses introducen rupturas en el perfil longitudinal del río y actúan como trampas de sedimentos favoreciendo la deposición aguas arriba de la presa e incrementando la incisión y estrechamiento aguas abajo (García Ruiz y López Bermúdez, 2009). Además, la regulación del régimen y las detracciones han supuesto una reducción de la frecuencia y magnitud de las grandes crecidas, las de mayor capacidad morfogenética, manteniendo al río en una situación parecida a la de “aguas bajas” sólo interrumpida de vez en cuando por las pequeñas avenidas “aestacionales” generadas por los desembalses. Con el paso del tiempo, las circunstancias anteriores han terminado por alterar significativamente la evolución del cauce y de las riberas que, si bien pueden considerarse “de detalle” en relación con la morfología del conjunto de la cuenca, podrían resultar determinantes para la distribución de las especies y comunidades acuáticas o ribereñas (Hart y Finelli, 1999; Graf, 2006; Mannes y otros, 2008) y, probablemente, hacer sentir sus efectos durante bastantes décadas antes dar lugar a un nuevo equilibrio (Gilvear, 2004).

La irregularidad natural del río es esencial para la diversidad de ambientes: las pequeñas crecidas movilizan sedimentos finos y materia orgánica, “mantienen limpias” las superficies rocosas de las que dependen el perifiton y numerosos invertebrados y favorecen la productividad de los ecosistemas bénticos, la existencia de áreas adecuadas para la reproducción de los peces y la instalación de plantas pioneras en las orillas. Por su parte, las grandes avenidas, decenales o seculares, inundan las terrazas inferiores afectando a formaciones riparias maduras donde son capaces de arrancar árboles y modificar el trazado del lecho generando discontinuidades en el bosque y favoreciendo la existencia de distintos estadios sucesionales. Además, los restos de raíces y troncos que quedan abandonados en el lecho tras una gran inundación dan lugar a microhábitats de gran calidad para numerosas especies (Poff y otros, 1997). Por todo ello, las crecidas son uno de los principales motores de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas fluviales contribuyendo a la diversidad y a la conectividad entre biotopos (Ward y Stanford, 2001). Su desaparición en los ríos más artificializados es, por tanto, un factor de empobrecimiento que, cada vez más, se intenta mitigar mediante crecidas controladas u otras actuaciones en ciertos lugares particularmente valiosos (Mannes y otros, 2008).

En el Nansa esta dinámica natural ha quedado totalmente perturbada (figura 8): la localización de las áreas de erosión y acumulación ha cambiado, el lecho permanente se ha estrechado en la mayor parte de su recorrido encajándose además en algunos sectores mientras que el lecho de inundación, libre del efecto limitante de las mayores crecidas, ha quedado invadido por una densa vegetación lo que ha hecho posible el sorprendente desarrollo que ha experimentado el bosque de ribera tras la construcción de las presas.

El desarrollo del bosque de ribera está condicionado por el encajamiento del cauce y por la existencia o no de un lecho de inundación diferenciado. De ahí que en muchos tramos del valle este se reduzca a una estrecha franja de vegetación higrófila que da paso rápidamente a comunidades climatófilas (con las que, a veces, se confunde).

En el curso alto, situado por encima del embalse de La Cohilla y relativamente inalterado, el bosque ripario es estrecho y relativamente pobre en especies aunque está bien desarrollado y llega a formar un dosel continuo sobre bastantes arroyos de cabecera.

Incluye varios tipos de salcedas (*Salix capraea*, *S. eleagnos*, *S. atrocinerea* o algunos de sus híbridos) acompañadas, entre otros, por *Alnus glutinosa*, *Betula celtiberica*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior* y *Quercus robur*.



Figura 8. Las presas han alterado fuertemente los procesos de modelado del cauce. En la foto se observa el lecho rocoso totalmente pulido y los cantos rellenando diaclasas al pie del Azud de Rozadío evidenciando un incremento de la erosión y el arrastre de los elementos más finos.

En el valle medio el bosque se diversifica y adquiere mayor anchura a medida que también lo hace el lecho de inundación. Dependiendo tanto del sustrato y morfología del valle como del grado de madurez de la formación aparecen distintos tipos de bosques que se alternan y combinan entre sí formando masas de límites imprecisos. Los más representativos son los siguientes:

- Alisedas mesotróficas con *Acer campestre*, *A. pseudoplatanus*, *Betula alba*, *Fraxinus excelsior*, *Q. robur*, *S. atrocinerea* y *S. eleagnos*.
- Salcedas negras (*S. atrocinerea*) con *Alnus glutinosa*, *Betula alba*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus excelsior*, *S. eleagnos* y *Sambucus nigra*.
- Mimbreras de *S. eleagnos* y *S. purpurea* con *Cornus sanguinea*, *Crataegus mongyna*, *S. atrocinerea* y *Sambucus nigra*.

En el tramo inferior, por fin, el bosque, maduro y bien desarrollado, adquiere caracteres termófilos y se ensancha considerablemente gracias a la existencia de verdaderas llanuras de inundación. Las formaciones más características de este sector son

- Alisedas mesotróficas termófilas (*A. glutinosa*) con presencia de *Fraxinus excelsior*, *Laurus nobilis*, *Quercus ilex*, *Q. robur*, *Smilax aspera*, *Tilia cordata*, *Ulmus minor*.
- Salcedas blancas (*S. alba*) con *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Populus nigra*, *Q. robur*, *S. atrocinerea*, *S. eleagnos*, *Tilia cordata*, *Ulmus minor*.

Todos estos bosques, que son comparables a los del resto de la región (Lara y otros, 2004), forman una banda continua cuyas únicas interrupciones significativas se sitúan en el entorno de los mayores pueblos, en los sectores más estrechos de los desfiladeros y en la orilla de los embalses.

Sin embargo, el desarrollo y continuidad de este corredor ripario es un hecho reciente y la confrontación de las imágenes ortofotográficas actuales con las excelentes fotografías a escala 1:15.000 obtenidas en un vuelo catastral realizado en 1953, justo tras la construcción de las presas, demuestra que el bosque de ribera ha conocido una extraordinaria expansión a lo largo del último medio siglo en el valle del Nansa (figura 9).

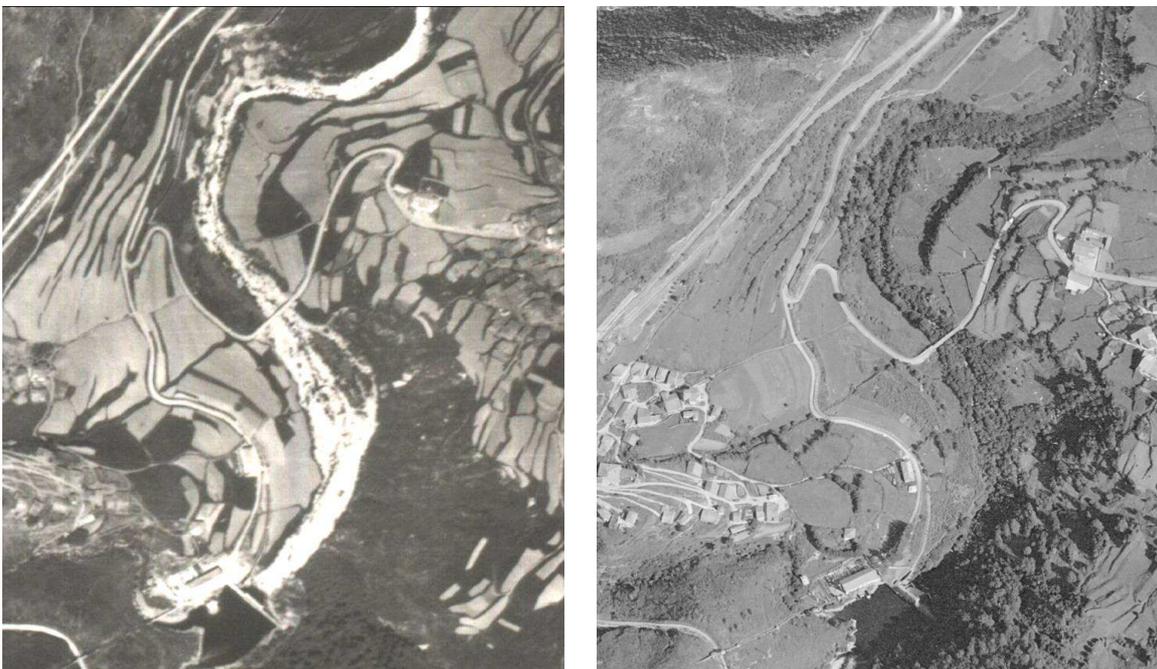


Figura 9. El Nansa a su paso por La Lastra y Tudanca en 1953 y en la actualidad. La pérdida de caudal del río ha permitido la ocupación de la mayor parte de su lecho por bosque de ribera.

Tal como ya se ha descrito en un trabajo anterior (Carracedo y G. Codron, 2009), en 1953 el bosque de ribera debió estar dominado por arbustos (probablemente sauces aunque la fuente no permite una mayor precisión) y estaba muy fragmentado formando pequeñas manchas discontinuas. Su degradación era máxima en las proximidades de los núcleos donde los prados o tierras de labor llegaban hasta la misma orilla del río (a veces limitadas por un seto o cierre vegetal). De este modo, la mayor parte del lecho y de sus márgenes estaban descubiertos y prácticamente desprovistos de vegetación. En cambio, en la actualidad, la vegetación riparia forma una banda prácticamente continua dominada normalmente por especies arbóreas o arborescentes. Los prados quedan separados del río por una franja de espesa vegetación y las copas de los árboles recubren gran parte de la anchura de los lechos fluviales (cuando no la totalidad de los mismos).

El aumento de la superficie ocupada por bosque de ribera así como su tendencia hacia una estructura más compleja son hechos generalizados a escala regional gracias a la reducción de la presión humana. De hecho el bosque suele aparecer más desarrollado

cuando el río cruza zonas sin uso humano que cuando limita con superficies agrarias demostrando el papel limitante de estas últimas.

Sin embargo, la recuperación ha sido particularmente fuerte en el Nansa donde además se observan algunas peculiaridades que sólo pueden explicarse a partir de las consecuencias geomorfológicas del manejo hidroeléctrico del río. Prueba de ello es la aparición de una serie de pautas en la distribución de las características de la vegetación (pero también de los invertebrados acuáticos o de otros indicadores), que se repiten aguas abajo de cada presa. La relación de dicha distribución con los sectores de incisión, acumulación o cambios en las márgenes y trazado del cauce, demuestra de manera inequívoca la interrelación existente entre la nueva dinámica fluvial, la evolución morfológica del lecho y de las márgenes y el desarrollo de la vegetación.

4. Zonación morfológica y biogeográfica inducida por los embalses

La puesta en servicio del sistema hidroeléctrico del Nansa ha alterado la incidencia de los procesos de modelado fluvial transformando rápidamente las características del lecho y de sus márgenes y acarreando consecuencias biogeográficas significativas. La repetición de unas mismas pautas geomorfológicas aguas abajo de cada presa permite definir una serie de sectores, bien diferenciados pese a los lógicos matices introducidos por las particularidades de cada sector de la cuenca (litología, pendientes, sustrato, altitud etc), similares a los que se han descrito en otras cuencas del mundo (Merritt y Cooper, 2000). Cada una de ellos coincide con la aparición de diferencias significativas en la calidad, estructura, madurez y composición tanto del bosque de ribera como de los ecosistemas acuáticos y riparios presentes en los sucesivos tramos del río.

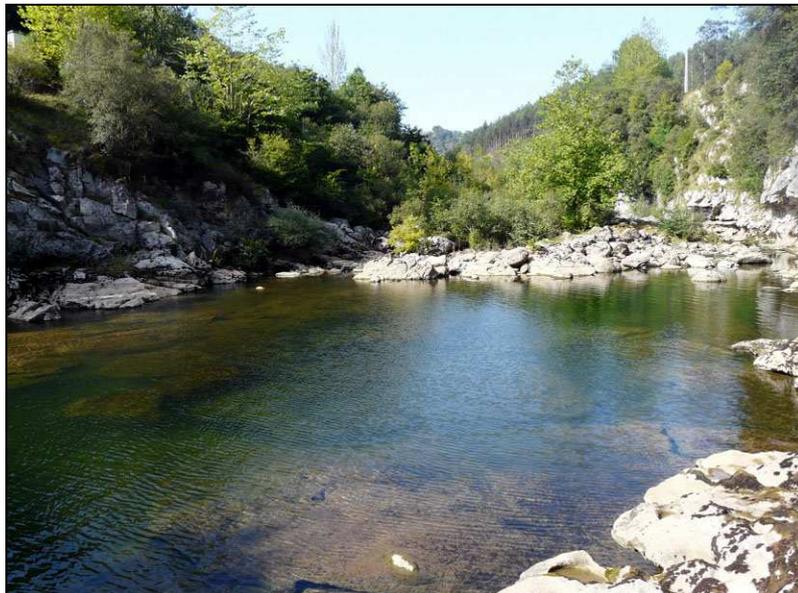


Figura 10. Tramo sobreexcavado al pie de la presa de Palombera. El agua de los desembalses ha arrastrado todos los materiales sueltos y ha producido una excavación del lecho originando una poza de varios metros de profundidad permanentemente inundada.

Los sectores que se van sucediendo de forma cíclica desde la primera de las presas, la de La Cohilla, hasta bastantes kilómetros aguas abajo de la última, la de Palomera, muy cerca ya de la desembocadura en el Cantábrico, son los siguientes:

a. Pie de presa: zona de sobreexcavación

El primer sector se localiza inmediatamente al pie de cada presa y tiene hasta 50-60 metros de longitud. Es la zona donde el agua de los desembalses libera la mayor parte de su energía siendo entonces capaz de arrastrar cualquier tipo de material suelto y produciendo una sobreexcavación en el lecho rocoso (figura 10). Ello ha dado lugar a grandes pozas permanentemente ocupadas por agua que contrastan llamativamente con el resto del lecho, generalmente semiseco durante gran parte del año.

En el caso de las mayores presas, La Cohilla y Palomera, donde los desembalses son más violentos, las orillas han quedado desprovistas de suelo y de materiales sueltos y la escasa vegetación capaz de sobrevivir en este entorno tiene un carácter pionero y fisurícola (aún tratándose de especies que no reúnen necesariamente dichos atributos en otras condiciones). Las plantas observadas son casi siempre pies jóvenes y de pequeñas dimensiones ya que no suelen sobrevivir a los desembalses más importantes (figura 11). La mayoría de las especies observadas en este sector son habituales en los entornos ribereños cercanos destacando *Alnus glutinosa*, *Corylus avellana*, *Fraxinus excelsior*, *Hypericum androsaemum*, *Salix atrocinerea*, *S. caprea* y *S. eleagnos*.

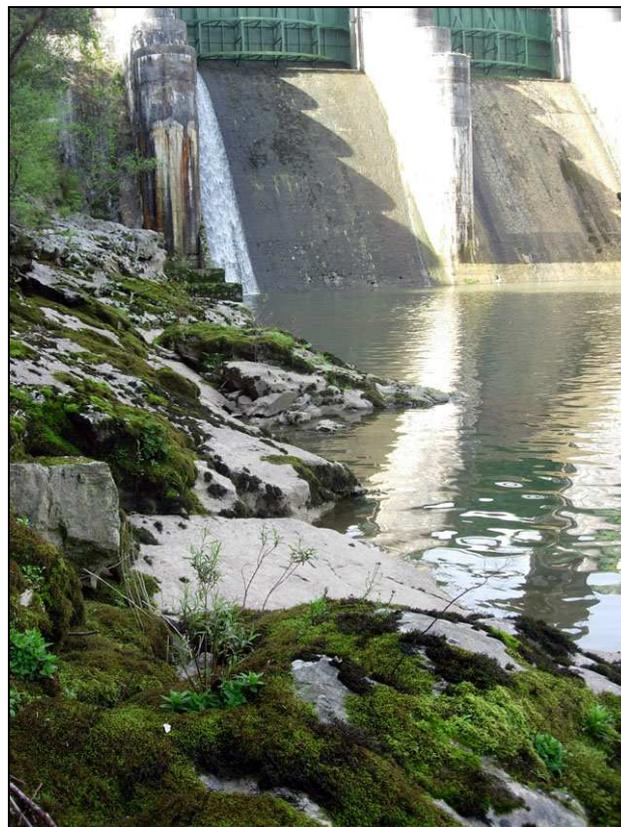


Figura 11. En las márgenes de la zona de sobreexcavación los suelos han desaparecido y la vegetación está compuesta por musgos y plantas fisurícolas de corta edad.

En el embalse de la Cohilla los desembalses se producen a través de un aliviadero situado a cierta distancia de la presa y que desemboca a media ladera por lo que el agua, que descarga lo esencial de su energía antes de alcanzar el cauce, no ha producido una sobreexcavación tan marcada. Sin embargo, ha habido un desplazamiento del material suelto no permaneciendo in situ más que los mayores bloques (que en algunos casos llegan a alcanzar una decena de metros de arista). Hasta este punto, el Nansa, que se reduce a un hilillo de agua procedente de pequeñas filtraciones, aparece prácticamente seco y sumido en la sombra y su lecho ha sido parcialmente colonizado por *Betula*, *Corylus* y comunidades de megaforbias (Figura 12).

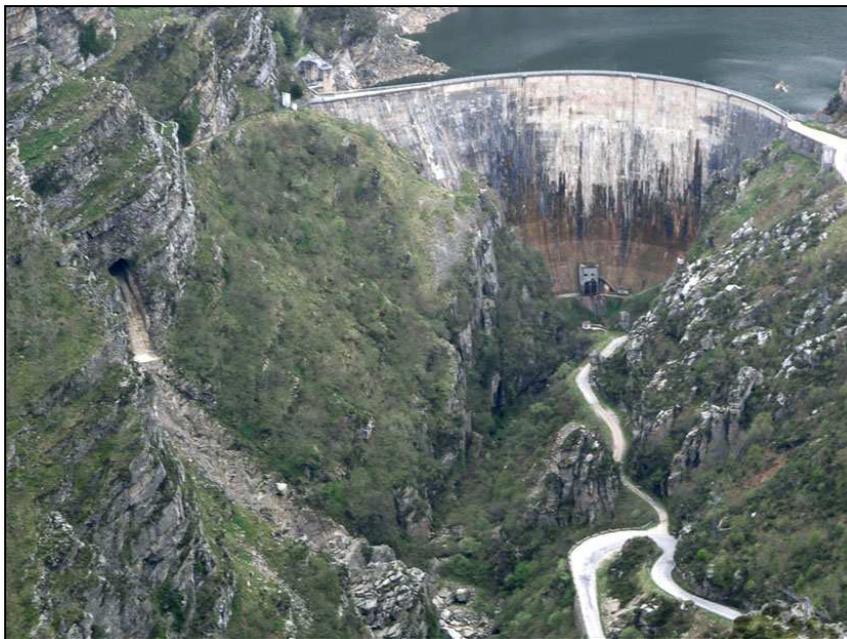


Figura 12. Presa de la Cohilla. El desplazamiento del aliviadero (izquierda de la foto) ha permitido la colonización del antiguo lecho por vegetación.

En estos tramos de pie de presa y sobreexcavación la vegetación es escasa y no forma un verdadero bosque por lo que el índice QBR, que se basa en las características de éste último, no es adecuado para valorar la calidad de la vegetación. Pese a ello, ha sido utilizado con objeto de poder mantener un criterio único de evaluación, arrojando valores de calidad que van de “pésimo” (Rozadío y Palombera) a “intermedio” (La Lastra).

La identificación y valoración de los macroinvertebrados localizados corrobora los datos anteriores y muestra una mala calidad en los pie de presa de Rozadío y Palombera, donde predominan gasterópodos, oligoquetos, dípteros (quironómidos y simúlidos), coleópteros y hemípteros (zapateros), y algo mejor en La Lastra, en donde también se han encontrado efemerópteros, plecópteros y tricópteros.

b. Zona de acumulación y encajamiento

Aguas abajo del sector anterior, y a una distancia de la presa comprendida entre 50 y 120 metros, se produce la acumulación de los bloques y cantos arrastrados por los desembalses. Aunque la fuerza del agua durante dichos episodios es aún muy grande

(de lo que dan fe los troncos retorcidos o partidos de los árboles más expuestos y el gran tamaño de los bloques movilizados), ya no es suficiente para seguir desplazando estos materiales que quedan acumulados formando un depósito heterométrico que recubre la mayor parte del cauce en una longitud de varias decenas de metros (figura 13). El depósito está compuesto por bloques rocosos irregulares de dimensiones métricas aunque también aparecen restos de la obra y algunos cantos aprisionados entre los bloques mientras que los materiales más finos son escasos no existiendo más que en los intersticios o lugares especialmente protegidos entre las rocas. No hay auténtico suelo.

El lecho permanente contornea el depósito de bloques ciñéndose a una de las márgenes. Es muy estrecho y muestra evidencias de una tendencia al encajamiento. El agua circula con rapidez y, allí donde el espesor de los depósitos es menor, ha hecho aflorar la roca madre que aparece pulida y con las diaclasas trabajadas por la erosión (figura 8).

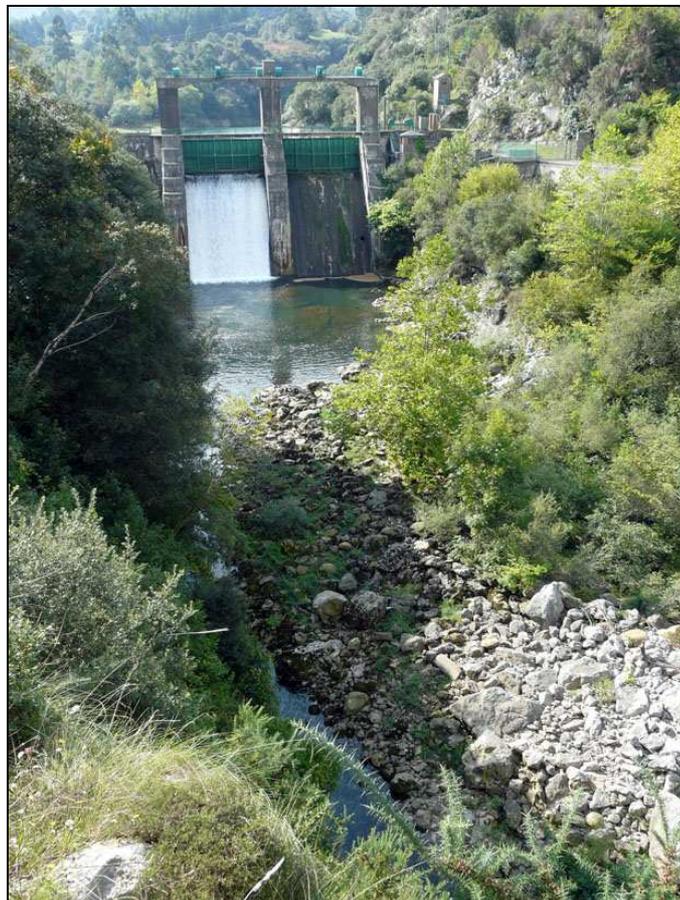


Figura 13. Zona de acumulación en Palombera. Al aumentar la distancia a la presa el agua pierde fuerza y abandona los materiales arrancados al pie de la misma formando una acumulación que prácticamente obstruye el cauce.

En estos lugares no existe verdadero bosque de ribera. No obstante, tanto las márgenes como el depósito soportan una vegetación muy mezclada en la que se encuentran plantas típicamente riparias con otras oportunistas o propias de ambientes humanizados

y junto a abundante musgo. Predominan los individuos jóvenes y de escasas dimensiones pero también hay algunos arbustos y árboles maduros en cuyos troncos se pueden observar daños de diversa consideración producidos por los desembalses y evidencias de sumersiones esporádicas (Figura 14). Entre las especies observadas destacan *Acer campestre*, *Alnus glutinosa*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Fraxinus excelsior*, *Crataegus monogyna*, *Humulus lupulus*, *Hypericum androsaemum*, *Laurus nobilis*, *Platanus hybrida*, *Prunus avium*, *Robinia pseudoacacia*, *Rubus* sp., *Sambucus nigra*, *Salix atrocinerea*, *S. caprea*, *S. eleagnos*, *Ulmus minor*.

Bajo la presa de Rozadío esta zona de depósito aparece peor definida como consecuencia de dos factores: la escasa altura de salto, y, por tanto, limitada fuerza de los desembalses, y la existencia, aguas abajo, de rápidos y un pequeño salto que aceleran la corriente dificultando la acumulación de sedimentos.

En la zona de acumulación y encajamiento la determinación de los valores de calidad del bosque de ribera han proporcionado resultados que van de “malo” (Palombera) a “intermedio” (Rozadío y La Lastra).

En este tramo los macroinvertebrados muestran una calidad intermedia-baja, abundando los dípteros quironómidos y simúlidos junto a efemerópteros baétidos, pero también aparecen plecópteros y tricópteros, que indican una mejor calidad.

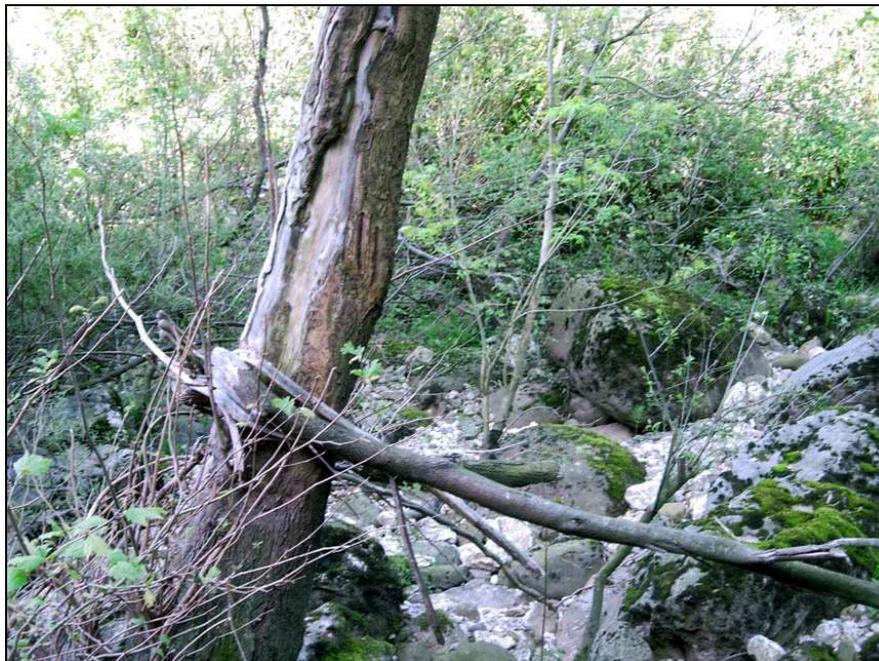


Figura 14. Daños producidos por los desembalses en la zona de acumulación

c. Zona de máxima influencia: estrechamiento del cauce

Situado en los 300 a 500 metros siguientes, es un tramo que acusa intensamente las consecuencias de las alteraciones hidrológicas. El lecho menor aparece muy menguado por la escasez o incluso ausencia de caudal durante gran parte del año y se reduce a un estrecho canal (más importante, lógicamente, bajo las presas situadas más cerca de la

desembocadura). En cambio, el resto del antiguo lecho, que conoce inundaciones esporádicas producidas por los desembalses pero que ha dejado de sufrir las grandes avenidas propias del régimen natural, ha sido totalmente colonizado por la vegetación. El sustrato es irregular y está dominado por bloques y grandes cantos aunque también existen acumulaciones de finos en lugares que se mantienen encharcados durante la mayor parte del tiempo, como tramos de paleocauces o concavidades del terreno, contribuyendo a generar una cierta diversidad de microambientes (Figura 15).

Esta es la zona en la que se registra una mayor expansión de la vegetación ya que el bosque se ha beneficiado de la reducción de caudal y consiguiente liberación de gran parte del antiguo cauce que, de este modo, ha podido ser colonizado rápidamente. Se localiza aquí un bosque de ribera denso y muy rico en especies con un predominio de taxones arbustivos o subarbóreos pero donde también abundan herbáceas y enredaderas. Las plantas más abundantes son varios tipos de sauces arbustivos, tales como *S. atrocinerea*, *S. eleagnos* o *S. caprea* aunque también se encuentran *Acer campestre*, *Alnus glutinosa*, *Betula alba*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Fraxinus excelsior*, *Laurus nobilis*, *Platanus hybrida*, *Populus nigra*, *Rubus*, sp. y *S. alba*.



Figura 15. Ocupación de la mayor parte del antiguo lecho por una densa maraña de vegetación al pie de la presa de La Lastra.

En esta zona el índice QBR, calculado a unos 500 metros de las presas, nos habla de un bosque de calidad “buena” o “muy buena” (Rozadío). El resultado proporcionado por el análisis con invertebrados, muestra una predominancia de indicadores de calidad intermedia-mala en La Lastra (efemerópteros baétidos y dípteros simúlidos) y en Palombera (gasterópodos y ancílicos), frente Rozadío donde los tricópteros, buenos indicadores, han sido los mejor representados.

d. Zona de influencia atenuada

Al aumentar la distancia a la presa las transformaciones inducidas por ella son cada vez más difíciles de percibir a primera vista. El río va recuperando su carácter permanente gracias a los continuos rezumes del suelo y a los aportes de los arroyos y los lechos menor y mayor aparecen bien diferenciados recuperando el primero parte de su anchura a costa del segundo. En algunos sitios aflora la roca aunque lo más habitual es que el lecho esté recubierto de bloques y cantos existiendo además lugares de corriente tranquila en los que se deposita fracción fina. El escaso caudal junto a la desaparición de las grandes crecidas naturales y la progresiva pérdida de fuerza de las causadas por los desembalses hacen del Nansa en estos sectores un río poco estresante para el bosque de ribera que puede alcanzar un grado de madurez y desarrollo superior al que se daría bajo un régimen natural aunque a costa de perder diversidad estructural (Figura 16).

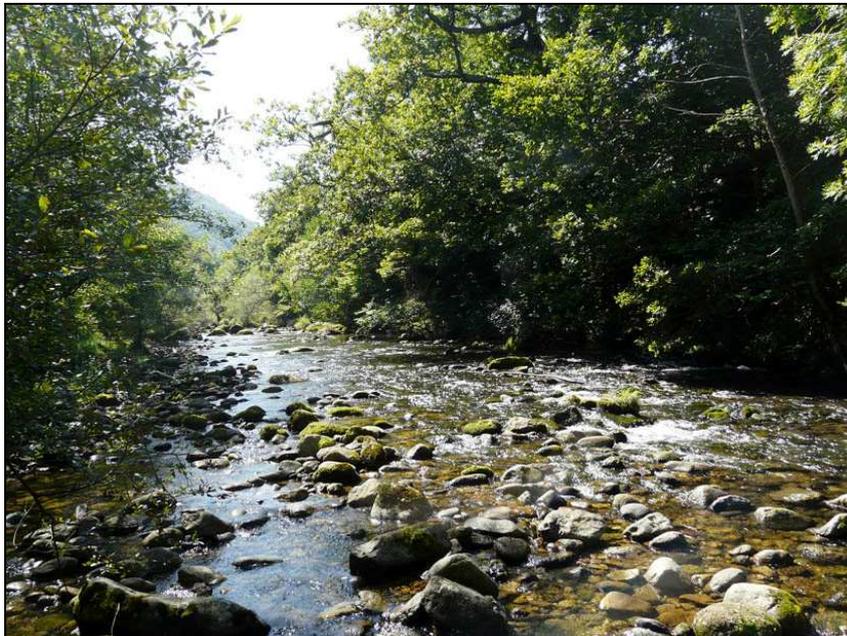


Figura 16. A medida que aumenta la distancia a las presas el río recupera su carácter permanente y el bosque alcanza un mayor grado de madurez y calidad. En la imagen, el Nansa en Sarceda.

Las especies más características de los tramos más altos son *Alnus glutinosa*, *Betula alba*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus europaeus*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Prunus spinosa*, *Rosa* sp., *Rubus* sp., *S. atrocinnerea*, *S. eleagnos*, *S. caprea* y *Sambucus nigra*. En el curso medio desaparecen el abedul, el haya y *S. caprea* incorporándose *Acer campestre*, *Castanea sativa*, *Erica vagans*, *Genista hispánica*, *Populus nigra*, *Quercus robur*, *Rhamnus alaternus* y *Salix alba*. Por fin, en el curso bajo aparecen también *Laurus nobilis*, *Ligustrum ovalifolium*, *Platanus hybrida*, *Quercus ilex*, *Robinia pseudoacacia*, *Tilia cordata* y *Ulmus glabra* (V.V.A.A., 2005).

El índice de calidad del bosque de ribera proporciona valores que corresponden a los niveles “bueno” o “muy bueno” (La Lastra) aunque las diferencias detectadas dependen

más de factores humanos externos al río (carreteras, usos del suelo...) que de la dinámica estrictamente fluvial.

En cuanto a los macroinvertebrados, la calidad no ha resultado mucho mejor que en los tramos anteriores en La Lastra y Palombera, apareciendo abundantes dípteros simúlidos, gammáridos, ancílicos, aunque sí que lo ha sido mejor en Rozadío donde han aparecido abundantes efemerópteros y algunos menos tricópteros, que son indicadores de mejores condiciones que los anteriores.

e. Embalses

En los tramos ocupados por los embalses, por fin, los ambientes asociados al lecho y a las riberas originales han desaparecido sustituidos por otros nuevos con características propias no estrictamente fluviales y que por esa razón no han sido analizados en detalle.

En La Cohilla y Palombera, embalses que experimentan fluctuaciones significativas del nivel del agua, la franja afectada por las alternancias sumersión-emersión está recubierta por acumulaciones de limo prácticamente anóxicas que se encostran al secarse y carece de vegetación permanente. Por su pobreza biológica, esta faja constituye una frontera neta tanto en un sentido transversal (entre el medio acuático y el terrestre), como en el longitudinal (aguas arriba- aguas abajo).

Sin embargo, en las colas de los embalses las acumulaciones de finos aportados por el río forman pequeños deltas semisumergidos, inestables y de muy rápida evolución. Todos ellos han sido ocupados por poblaciones de sauces que, rápidamente, enlazan aguas arriba con el verdadero bosque de ribera (figura 17). Presentes en los cuatro embalses, sólo han logrado adquirir un carácter semiforestal en el de Palombera.

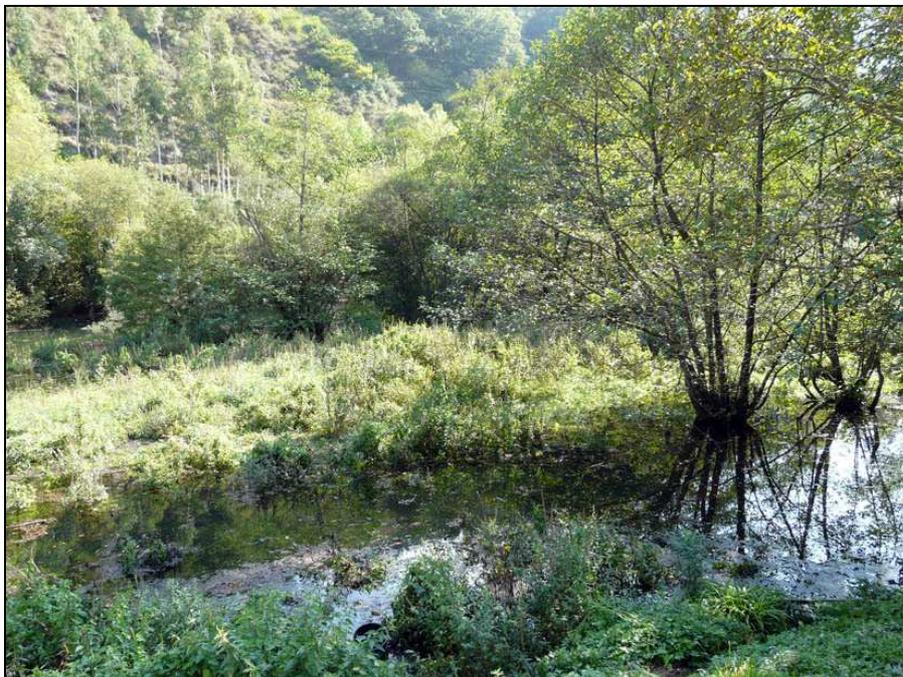


Figura 17. Embalse de Palombera: vegetación colonizando el delta fluvial.

4. Síntesis, discusión y conclusiones

El trabajo realizado demuestra que la utilización hidroeléctrica del Nansa ha originado importantes alteraciones ambientales que afectan a la distribución de numerosas especies de fauna y de vegetación. La causa directa más evidente de las mismas son las sucesivas rupturas de continuidad del corredor fluvial por el efecto combinado de las presas y de la drástica reducción de caudal producida las detecciones que se realizan en ellas y que dejan amplios sectores del cauce totalmente seco durante gran parte del año.

Los peces diádromos, que alternan los medios marinos y fluviales a lo largo de su vida y que necesitan para ello remontar o descender el río, son los más afectados por el efecto barrera de los embalses y de los tramos desecados. Habituales a lo largo de gran parte del Nansa y de sus afluentes hasta la construcción de las presas, han desaparecido o se mantienen artificialmente desde entonces aguas arriba del primer obstáculo. En el caso del salmón, el más emblemático y vulnerable de los peces cantábricos, la extinción es prácticamente inevitable en las circunstancias actuales al haber desaparecido casi todos los frezaderos.

Además, existen indicios de que la aparición de ambientes lénticos asociados a los embalses y tramos de escaso caudal ha influido en la composición de la ictiofauna y de los anfibios (observándose, por ejemplo, grandes concentraciones de batracios en algunos sectores) aunque no ha sido posible valorar objetivamente este extremo.

El resto de la fauna acuática y riparia (aves, mustélidos, quirópteros...) parece haberse acomodado a las nuevas circunstancias y la información manejada sobre su distribución actual no permite probar la existencia de alteraciones significativas relacionadas con los embalses.

No aparece tan clara la relación entre los índices de calidad determinados por los macroinvertebrados y la distancia a las presas aunque, generalmente, su número, tanto si se tienen en cuenta los tipos biológicos como si nos atenemos a la cantidad de individuos, aumenta a medida que nos alejamos de ellas. Sin embargo, los resultados de los muestreos realizados presentan una variabilidad muy alta que restan fiabilidad estadística a los resultados y que probablemente refleja la artificialización del régimen y la extrema irregularidad que, en relación con ella, presentaron los caudales durante los dos años cubiertos por este estudio.

Por otra parte, la modificación del régimen y de la hidrodinámica fluvial ha producido cambios relevantes en la morfología del cauce y de sus orillas determinando la recuperación del bosque de ribera e influyendo en su composición.

La recuperación del bosque de ribera se verifica en numerosos ríos de la región gracias a su pérdida de interés como fuente de recursos para la economía rural (varas, leña, ramoneo...), a la reducción de la presión agraria en las parcelas contiguas y a su progresiva protección en el marco de la ordenación del territorio y de los espacios naturales. En el caso del Nansa, sin embargo, el fenómeno presenta un buen número de peculiaridades que sólo pueden explicarse teniendo en cuenta la transformación experimentada por el río, destacando el ensanchamiento del lecho de inundación a costa del permanente lo que favorece la extensión del bosque (Figura 18). Sin embargo, los embalses interrumpen una y otra vez la continuidad del corredor fluvial que pierde bruscamente calidad alrededor de cada uno de ellos pero la va recuperando aguas abajo a medida que las consecuencias de las presas y detecciones se van atenuando. De este

modo, el manejo que se hace del agua tiene efectos contrapuestos interrumpiendo la continuidad del bosque y empobreciéndolo junto a las grandes infraestructuras pero favoreciendo en cambio su desarrollo en el resto del valle.

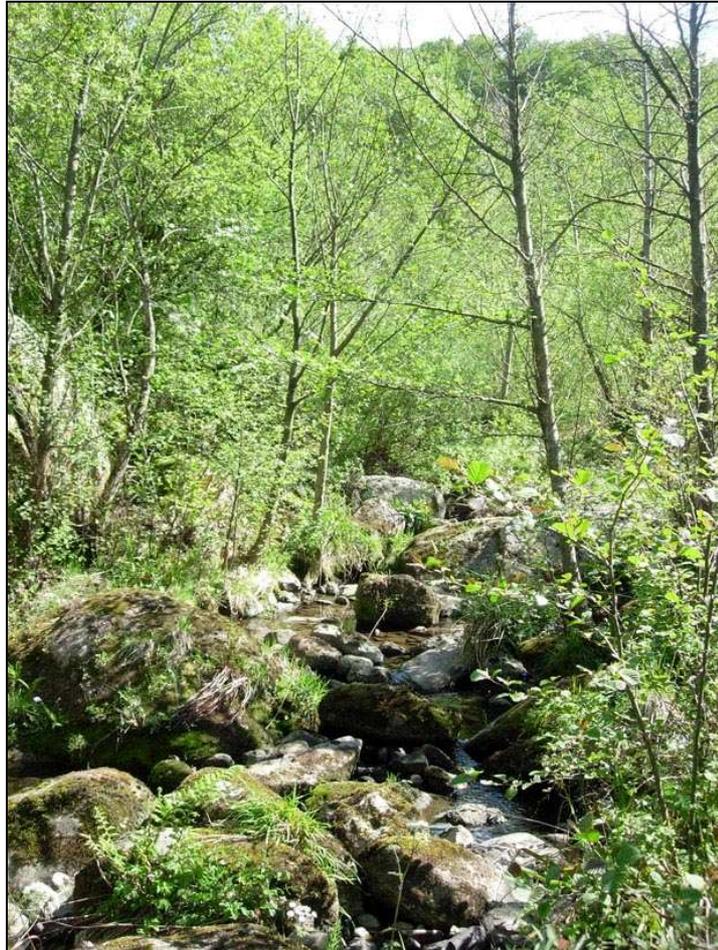


Figura 18. La extensión actual del bosque de ribera, hoy objeto de protección, es posible gracias a la colonización de gran parte del lecho de inundación tras la pérdida de caudal del Nansa.

En paralelo, la calidad del agua y de los ecosistemas asociados, valorada mediante índices e indicadores convencionales, refleja fielmente estas alternancias aunque, en el caso del agua, los problemas parecen estar más asociados a la pérdida de caudal y, por tanto, de capacidad para absorber la contaminación agraria y de los vertidos de los pueblos que al efecto de los propios embalses, que generan impactos menos importantes en términos relativos. Por esta razón, la calidad es peor en el curso medio y alto que en el bajo, donde el caudal circulante es mayor.

Todo lo anterior justifica la necesidad de integrar estas cuestiones en la futura gestión de este espacio que, de acuerdo con la Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y la Biodiversidad de Cantabria está destinado a convertirse en espacio protegido y deberá contar con sus correspondientes planes de gestión. La visión maniquea de un medio “natural”

contrapuesto a otros supuestos “entornos artificiales” y continuamente amenazado por cualquier tipo de actuación humana es excesivamente reduccionista imponiéndose la necesidad de planteamientos más holísticos que integren la compleja trama de interacciones que se producen entre las esferas natural y social del medio geográfico.

En este contexto, las actuaciones que se ahora se proponen y que probablemente se irán acometiendo a lo largo de los próximos años para reducir el impacto negativo de las intervenciones humanas deben asumir que buena parte de los valores “naturales” que justifican la protección del corredor fluvial tienen mucho que ver con esas mismas intervenciones humanas, hoy inadmisibles, cuya minimización constituye una prioridad ineludible.

REFERENCIAS

- AEMS- Ríos con vida (2001): Estudio hidrobiológico de caudales de mantenimiento del Río Nansa (Cantabria). El Tiemblo, Ávila, 74 pp. Disponible en http://riosconvida.es/pdfs/SINTESIS%20ESTUDIO%20AEMS%20NANSA_022006.pdf.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (2006): Protocolo HIDRI. Protocolo para la valoración de la calidad HIDromorfológica de los Ríos.
- ALMODOVAR, ANA, NICOLA, GRACIELA G. (1999): “Effects of a small hydropower station upon brown trout *Salmo trutta* L. in the river Hoz Seca (Tagus basin, Spain) one year after regulation”. *Regulated Rivers: Research and Management*, 15, 477-484.
- ANGILLETTA, M. J. jr., STEEL, E. A., BARTZ, K. K., KINGSOLVER, J. G., SCHEUERELL, M., BECKMAN, B. R., CROZIER, L. G. (2009): “Big dams and salmon evolution: changes in thermal regimes and their potential evolutionary consequences”. *Evolutionary Applications*, 286- 299.
- ARMITAGE, P.D. (2009). “A quantitative study of the invertebrate fauna of the River Tees below Cow Green Reservoir”. *Freshwater Biology*, 6, 3, 229-240.
- CAMARGO, J. A. y GARCIA DE JALÓN, D. (1990). “The downstream impacts of the Burgomillodo reservoir, Spain”. *Regulated Rivers: Research and Management*, 5, 4, 305 – 317.
- CARRACEDO, V., GARCÍA CODRON, J. C. (2009): Bosque de ribera e intervención humana en el valle del Nansa (Cantabria). En Real, R. y Márquez, A. L. (edits.): *Biogeografía Scientia Biodiversitatis*, Málaga, pp. 53-60.
- GARCÍA CODRON, J. C., dir. (1998): “Evolución y situación actual de la nutria en Cantabria”. En Trabajo de Investigación sobre la fauna silvestre cántabra. Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca del Gobierno de Cantabria-Universidad de Cantabria (inédito).
- GARCÍA DE JALÓN, D., GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M., CASADO, C. (1992): “Ecology of regulated streams in Spain: an overview”. *Limnética*, 8, 161- 166.
- GARCÍA RUIZ, J. M. y LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (2009): *La erosión del suelo en España*. Zaragoza, Sociedad Española de Geomorfología, 441 pp.

- GILVEAR, D. J. (2004): "Patterns of channel adjustment to impoundment of the upper river Spey, Scotland (1942–2000)". *River Research and Applications*, 20, 151- 165.
- GRAF, W. L. (2006): "Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers". *Geomorphology*, 79, 336- 360.
- HART, D. y FINELLI, Ch. M. (1999): "Physical-biological coupling in streams: the pervasive effects of flow on benthic organisms". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 30, 363-395.
- LARA, F., GARILLETI, R., CALLEJA, J. A. (2004): *La vegetación de ribera de la mitad norte española*. Madrid, CEDEX- Ministerios de Fomento y Medio Ambiente.
- LUCIO, A. J., ESPINOSA, J. (2003): *Red Natura 2000. Cantabria*. Santander, Dirección General de Montes y Conservación de la Naturaleza, Gobierno de Cantabria.
- MADOZ, P. (1984): *Diccionario geográfico-estadístico-histórico*. Santander. Valladolid, Ámbito y Santander, ESTVDIO, 327 p. Facsímil del *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar*, Madrid, 1845-1850.
- MANNES, S., ROBINSON, Ch.-T., UEHLINGER, U., SCHEURER, T., ORTLEPP, J., MÜRLE, U., MOLINARI, P. (2008): "Les effets écologiques d'un programme de restauration hydrologique d'une rivière artificialisée ». *Revue de géographie alpine, Dossiers*, 96/1, 113-124.
- MERRITT, D. M. y COOPER, D. J. (2000): "Riparian vegetation and channel change in response to river regulation: A comparative study of regulated and unregulated streams in the Green River Basin, USA". *Regulated Rivers*, 16, 6, 543-564.
- MUNNÉ, A., SOLÁ, C. y PRAT, N. (1998): « QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera". *Tecnología del Agua*, 175, 20-37.
- OSA MARINA, C. de la (1999): *Memoria, años 1996-1999*. Cosío, Sociedad para la Recuperación y Defensa del Río Nansa y Afluentes, 99 pp.
- POFF, N. L., ALLAN, J. D., BAIN, M. B., KARR, J. R., PRESTEGAARD, K.L., RICHTER, B., SPARKS, R., STROMBERG, J. (1997): "The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration". *BioScience*, 47, 769-784.
- REYNOLDS, J. D. (1998): *Conservation management of the white-clawed crayfish, Austropotamobius pallipes*. Part 1. *Irish Wildlife Manuals*, No. 1. Dublin, Department of Arts, Heritage, Gaeltacht and the Islands.
- SERDIO, A., GARCÍA DE LEÁNIZ, C., CONSUEGRA, S. (2002): "Estrategia de recuperación del Río Nansa como hábitat salmonero". En Serdio, García de Leániz y Consuegra, edits.: *El salmón, joya de nuestros ríos*. Gobierno de Cantabria, Santander.
- V.V.A.A. (2005): *Plan de investigación integral para la caracterización y diagnóstico ambiental de los sistemas acuáticos de Cantabria*. Universidad de Cantabria-Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria, Empresa de Residuos de Cantabria (inédito).
- V.V.A.A., 2010. *Valoración del patrimonio territorial y paisajístico. Valle del Nansa y Peñarrubia (Cantabria)*. Programa Patrimonio y Territorio. Fundación Marcelino Botín, Santander, 7 vols.

WARD, J. V., STANFORD, J. A. (2001): "Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation". Regulated Rivers: Research and Management, 11, 1, 105-119.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha podido realizarse gracias a la información y recursos manejados en el marco del programa de Desarrollo Rural PATRIMONIO Y TERRITORIO financiado por la Fundación Marcelino Botín (Santander 2006-08).